

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001291899
PUBLICATION DATE : 19-10-01

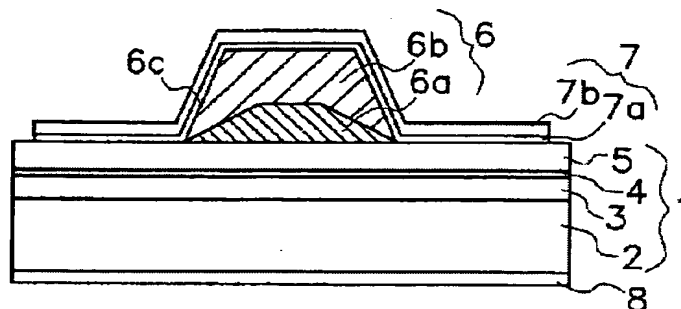
APPLICATION DATE : 07-04-00
APPLICATION NUMBER : 2000106397

APPLICANT : SANKEN ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : YANAGIHARA MASAKI;

INT.CL. : H01L 33/00

TITLE : SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING
ELEMENT



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve external quantum efficiency of a semiconductor light- emitting element.

SOLUTION: A Schottky barrier electrode layer (6) which forms a Schottky barrier at an interface with a second semiconductor region is formed at a part of one main surface of a semiconductor base body (1), and the Schottky barrier electrode layer (6) and one main surface of the semiconductor base body (1) are covered with a translucent and conductive electrode (7). If the semiconductor light-emitting element is biased in forward direction, a current flows on an element periphery side outside of the Schottky barrier electrode layer (6), causing light-emission through recombination of carrier at that part. Thus, a reactive current flowing directly below the Schottky barrier electrode layer (6) is reduced for improved external quantum efficiency.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-291899

(P2001-291899A)

(43)公開日 平成13年10月19日 (2001.10.19)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テ-マ-ト* (参考)

E 5 F 0 4 1

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2000-106397(P2000-106397)

(22)出願日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(71)出願人 000106276

サンケン電気株式会社

埼玉県新座市北野3丁目6番3号

(72)発明者 大塚 康二

埼玉県新座市北野3丁目6番3号 サンケン電気株式会社内

(72)発明者 佐 哲次

埼玉県新座市北野3丁目6番3号 サンケン電気株式会社内

(74)代理人 100082049

弁理士 清水 敬一

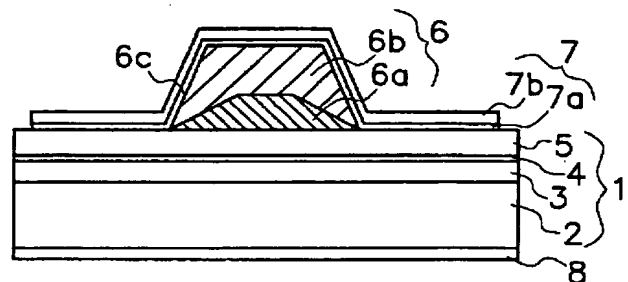
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】 半導体発光素子の外部量子効率を改善する。

【解決手段】 半導体発光素子では、半導体基体(1)の一方の主面の一部に第二の半導体領域との界面にショットキ障壁を形成するショットキバリア電極層(6)が形成され、ショットキバリア電極層(6)と半導体基体(1)の一方の主面が光透過性及び導電性を有する電極(7)によって被覆される。半導体発光素子を順方向にバイアスした場合、ショットキバリア電極層(6)の外側の素子周辺側に電流が流れ、その部分でキャリアの再結合による発光が生じるので、ショットキバリア電極層(6)の直下にかかる無効電流を減少させ、外部量子効率を向上できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 低抵抗性基板と、該低抵抗性基板の一方の主面に形成された窒化ガリウム系化合物半導体から成る第一の導電形の第一の半導体領域と、活性層と、窒化ガリウム系化合物半導体から成る第一の導電形と反対の第二の導電形の第二の半導体領域とが積層されて成る半導体基体とを有し、該半導体基体の一方の主面の一部に第二の半導体領域との界面にショットキ障壁を形成するショットキバリア電極層が形成され、ショットキバリア電極層と半導体基体の一方の主面が光透過性及び導電性を有する電極によって被覆されることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 前記ショットキバリア電極層は、Ti、Al、Cr、Ta、Cu、Pt、Pd、Auから選択された1種又は2種以上の金属により形成される請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項3】 光透過性を有する前記電極は、Ni、Au、ITO（インジウム錫酸化物）から選択された1種又は2種以上の物質により形成される請求項1又は2に記載の半導体発光素子。

【請求項4】 前記ショットキバリア電極層は傾斜面を有する円錐台形状に形成される請求項1～3のいずれか1項に記載の半導体発光素子。

【請求項5】 電圧を印加して前記半導体発光素子を順方向にバイアスした場合、前記透明電極と前記p形半導体領域との界面に電流が流れ、前記ショットキバリア電極層と前記p形半導体領域との界面には実質的に電流が流れない請求項1～4のいずれか1項に記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化ガリウム系化合物の半導体領域を備え且つ高外部量子効率を有する半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】GaN、GaAlN、InGa_{0.5}N、InGa_{0.2}Al_{0.8}N等の窒化ガリウム系化合物半導体から成る発光層を備えた青色系の発光素子は、青色発光ダイオードとして公知である。この発光素子では、シリコン、GaAs、GaP又はSiC等から成る低抵抗性基板の上に窒化ガリウム系化合物半導体層が形成され、発光素子の上面と下面には一対の電極が設けられる。この発光素子では発光素子の厚み方向に電流を流すことができる為、サファイア等から成る絶縁性基板の上に窒化ガリウム系化合物半導体層を形成した構造に比べて、電流経路の抵抗値を下げて消費電力及び動作電圧を低減することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし低抵抗性基板を使用した青色系発光素子では、発光素子の上面に配置さ

れるボンディング用電極の直下で発光し、発生する光のうち発光素子の下面に向かう光は低抵抗性基板によって吸収され、上面に向かう光は電極によって吸収されこのように、低抵抗性基板は光吸収層となるので、吸収した光子数と放出された光子数との比である外部量子効率を増加できない欠点があった。またボンディング用電極の直下に流れる電流は実質的に無効電流となり、外部量子効率を高めることができなかった。

【0004】この問題点を解決するため、例えば、特開平8-250768号公報には、発光素子の光取り出し側又は光検出側の電極パッドの下部にシリコン酸化膜から構成された抵抗率の高い高抵抗化領域を形成した半導体素子が開示されている。光透過性を有するサファイア製の絶縁性基板の上に窒化ガリウム系化合物半導体領域を形成する発光素子では、光が絶縁性基板を透過するので、外部量子効率を増加することができる。しかしながら、光吸収性を有する低抵抗性基板を備えた発光素子構造では、絶縁破壊電膜が比較的低いシリコン酸化膜により高抵抗化領域を構成するとき、シリコン酸化膜を薄く形成すると絶縁破壊が生じて電流をブロックする効果が得られず、十分な改善は図れない。従って、外部量子効率を増加するには高抵抗化領域を厚く形成しなければならないが、高抵抗化領域を厚く形成し且つ透明電極により高抵抗化領域の上に電流を素子周囲に広げると、透明電極に大きな段差が生じてカバレッジが悪くなる。透明電極に亀裂が生じると、発光素子の周囲に電流を良好に広げることができず、外部量子効率が低下する難点がある。

【0005】そこで本発明の目的は、高水準の外部量子効率を有する半導体発光素子を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体発光素子は、低抵抗性基板(2)と、低抵抗性基板(2)の一方の主面に形成された窒化ガリウム系化合物半導体から成る第一の導電形の第一の半導体領域(3)と、活性層(4)と、窒化ガリウム系化合物半導体から成る第一の導電形と反対の第二の導電形の第二の半導体領域(5)とが積層されて成る半導体基体(1)とを有する。半導体基体(1)の一方の主面の一部に第二の半導体領域との界面にショットキ障壁を形成するショットキバリア電極層(6)が形成され、ショットキバリア電極層(6)と半導体基体(1)の一方の主面が光透過性及び導電性を有する電極(7)によって被覆される。

【0007】電圧を印加して半導体発光素子を順方向にバイアスした場合、透明電極(7)とp形半導体領域(5)との界面に電流が流れるが、ショットキバリア電極層(6)とp形半導体領域(5)との界面には実質的に電流が流れない。このため、平面的に見てショットキバリア電極層(6)の外側の素子周辺側に電流が流れ、その部分でキャリアの再結合による発光が生じるので、ボンディング用

電極の直下に流れる無効電流を減少させ、透明電極(7)を介してショットキバリア電極層(6)の周辺側に電流を良好に拡散することができ、外部量子効率を高めることができる。また、ショットキバリア電極層(6)により電流の集中を緩和し、半導体基体(1)の電氣的劣化を防止することができる。

【0008】本発明の実施の形態では、ショットキバリア電極層(6)は、第二の半導体領域がp形半導体領域の場合には、Ti、Al、Cr、Ta、Cuから選択された1種又は2種以上の金属により形成され、第二の半導体領域がn形半導体領域の場合には、Pt、Pd、Auから選択された1種又は2種以上の金属により形成される。光透過性を有する電極(7)は、Ni、Au、ITO（インジウム錫酸化物）から選択された1種又は2種以上の物質により形成される。ショットキバリア電極層(6)は傾斜面(6c)を有する円錐台形状に形成される。

【0009】

【発明の実施の形態】次に、青色発光ダイオード素子に適用した本発明による半導体発光素子の実施の形態を図1について説明する。

【0010】図1に示すように、本発明による青色発光ダイオード素子は、シリコン基板から成る低抵抗性基板(2)、GaN（窒化ガリウム）から成る第一の半導体領域としてのn形半導体領域(3)、p形のInGaIn（窒化ガリウムインジウム）から成る活性層(4)、第二の半導体領域としてのGaInから成るp形半導体領域(5)を順次積層して形成された半導体基体(1)と、半導体基体(1)の一方の主面を構成するp形半導体領域(5)上に形成されたショットキバリア電極層(6)と、ショットキバリア電極(6)上及びp形半導体領域(5)上に形成された透明電極(7)と、半導体基体(1)の下面に形成された接続用電極(8)とを備えている。透明電極(7)はアノード電極として機能し、接続用電極(8)はカソード電極として機能する。本実施の形態による青色発光ダイオード素子が従来の発光ダイオード素子と相違する点は、本実施の形態ではp形半導体領域(5)と透明電極(7)と間にショットキバリア電極層(6)を形成する点にある。

【0011】低抵抗性基板(2)は、n形の不純物として例えば砒素(As)が比較的高濃度で導入された(111)面のn⁺形シリコン単結晶基板から成る。低抵抗性基板(2)は、0.0001～0.01Ωcm程度の抵抗率を有する実質的な導電体である。本実施の形態では、低抵抗性基板(2)を約350μmの厚みで形成し、十分な機械的強度を有する低抵抗性基板(2)の上面に形成される半導体領域(3～5)を良好に支持できる。n形半導体領域(3)、活性層(4)、p形半導体領域(5)は周知のMOCVD方法によって低抵抗性基板(2)の上面に順次連続して形成される。

【0012】半導体基体(1)を製造する際に、低抵抗性基板(2)の表面に予めバッファ層を形成した後、低抵抗

性基板(2)をMOCVD（有機金属化学気相成長）装置の反応室内に配置して、バッファ層(2a)が形成された低抵抗性基板(2)を1040℃の温度に加熱した後、反応室内にTMGガス（トリメチルガリウムガス）、NH₃（アンモニア）ガス、SiH₄（シラン）ガスを供給する。例えば、Gaを供給するTMGガスの流量は約4.3μmol/分、NH₃を供給するNH₃ガスの流量は約53.6mmol/分、Siを供給するシランガスの流量は約1.5nmol/分である。シランガスが反応室に供給されるので、形成される膜中にn形不純物としてSiが導入され、低抵抗性基板(2)のバッファ層の上面に約2.0～5.0μmの厚みを有するn形半導体領域(3)が形成される。

【0013】また、n形半導体領域(3)の不純物濃度は約 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ であり、低抵抗性基板(2)の不純物濃度よりかなり低い。本実施の形態では、n形半導体領域(3)を低抵抗性基板(2)の一方の主面に直接形成するが、実際には低抵抗性基板(2)とn形半導体領域(3)との間にバッファ層（衝撃緩和層）を介在させて、シリコン半導体から成る低抵抗性基板(2)の結晶方位を良好に引き継いでその上面にGaIn系化合物半導体領域を良好に形成するのが望ましい。

【0014】続いて、低抵抗性基板(2)を800℃の温度に加熱し、SiH₄ガスの供給を停止し、反応室内にTMGガス、NH₃ガスに加えてTMIガス（トリメチルインジウムガス）とCp₂Mgガス（ビスクロベンタジェニルマグネシウムガス）を供給してn形半導体領域(3)の上面にp形InGaInから成る約20Åの厚みを有する活性層(4)を形成する。Cp₂Mgガスが反応室に供給されるので、形成される膜中にp形導電形の不純物としてMgが導入される。例えば、TMGガスの流量は1.1μmol/分、NH₃ガスの流量は67mmol/分、Inを供給するTMIガスの流量は約4.5μmol/分、Mgを供給するCp₂Mgガスの流量は約12nmol/分である。活性層(4)の不純物濃度は約 $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ である。

【0015】続いて、低抵抗性基板(2)を1040℃の温度に加熱し、反応室内にTMGガス、NH₃ガス及びCp₂Mgガスを供給して活性層(4)の上面にp形GaInから成るp約0.5μmの厚みを有するp形半導体領域(5)を形成して半導体基体(1)を製造する。例えば、TMGガスの流量は約4.3μmol/分、アンモニアガスの流量は約53.6μmol/分、Cp₂Mgガスの流量は約0.12μmol/分である。また、p形半導体領域(5)の不純物濃度は約 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ である。上記のように形成されたn形半導体領域(3)、活性層(4)及びp形半導体領域(5)は、低抵抗性基板(2)の上面にその結晶方位を揃えて形成することができる。

【0016】半導体基体(1)の一方の主面に形成されたショットキバリア電極層(6)は、p形半導体領域(5)と接

触して、その界面にショットキバリア（ショットキ障壁）を形成する。本実施の形態では、ショットキバリア電極層(6)はTi膜(6a)とAl膜(6b)とが積層されて成る積層電極として構成され、且つその側面には図示のように半導体基体(1)から離間した側から半導体基体(1)の一方の主面に向かって末広がりとなる傾斜面(6c)が形成される。即ち、ショットキバリア電極層(6)は、半導体基体(1)の一方の主面上の略中央に円錐台形状に形成される。円錐台形構造のショットキバリア電極層(6)を形成する際に、円錐台形と相補的な形状で周囲が傾斜する開口部を有するシャドーマスクを半導体基体の一方の主面に配置して、開口部を通じてTiとAlを順次真空蒸着すれば、末広がりとなる傾斜面を備えたショットキバリア電極層(6)を形成することができる。Ti膜とAl膜は、いずれもそれら単独でGaN半導体から成るp形半導体領域(5)との界面にショットキ障壁を形成できる金属膜である。本実施の形態では、Ti膜(6a)の厚みを約200Å、Al膜(6b)の厚みを約5000Åとした。また、ショットキバリア電極層(6)の直径は、その上面で約120μm、下面で約140μmである。

【0017】透明電極(7)は、半導体基体(1)の上面を構成するp形半導体領域(5)の上面とショットキバリア電極層(6)の上面に形成され、両者に対して低抵抗性接触する。本実施の形態では、透明電極(7)はNi膜(7a)とAu膜(7b)とが積層されて成る積層電極として構成される。即ち、Ni膜(7a)は窒化ガリウム系化合物半導体領域に対して良好に低抵抗性接触し、Au膜(7b)はNi層(7a)に比べて窒化ガリウム系化合物半導体領域(3~5)に対する低抵抗性接触は良好に得られないが導電性に優れている。このため、透明電極(7)は、窒化ガリウム系化合物半導体領域(3~5)に対して良好に低抵抗性接触が得られると共に、半導体発光素子の周辺に電流を良好に広げることができる。透明電極(7)は例えば、周知の真空蒸着方法によって半導体基体(1)の上面とショットキバリア電極層(6)の上面の全体にNiとAuを連続して蒸着した後、半導体基体(1)の上面の外縁側に蒸着されたNi膜(7a)とAu膜(7b)を選択的にエッチング除去することによって形成することができるが、透明電極(7)はスパッタリング等で形成することもできる。本実施の形態では、ショットキバリア電極層(6)の側面に傾斜面(6c)が形成されるので、透明電極(7)をショットキバリア電極層(6)の側面に対してカバレッジ良く被覆することができる。このため、ショットキバリア電極層(6)の立ち上がり部分近傍において、透明電極(7)にクラック及び亀裂の発生を抑制して、信頼性が高く発光効率の高い発光素子を歩留まり良く生産することができる。また、p形半導体領域(5)とショットキバリア電極層(6)とに対するショットキバリア電極層(6)の低抵抗性接触が良好に得られるように、真空蒸着した後窒素雰囲気中で、400℃、10分間程度の熱処理を施すと良い。透明電

極(7)は、半導体基体(7)の外縁側にも電流を良好に流すことができるように、シート抵抗が十分に小さい導電膜である。本実施の形態では、ショットキバリア電極層(6)と透明電極(7)とはボンディング用電極を構成する。透明電極(7)は可視光線に対し透明であるが、導電性を有する材料により形成される。

【0018】接続用電極(8)は、例えばチタンとニッケルを半導体基体(1)の下面に順次真空蒸着して形成され、低抵抗性基板(2)に対して低抵抗性接触する。図1に示す青色発光ダイオードの接続用電極(8)は、例えば半田又は導電性ペーストを介して図示しない支持板に固着され、ショットキバリア電極層(6)と透明電極(7)から構成されるボンディング用電極に周知のワイヤボンディング方法によってワイヤ（リード細線）の一端が接続され、ワイヤの他端は図示しない外部電極に電気的に接続される。

【0019】図1の青色発光ダイオードでは、ショットキバリア電極層(6)と透明電極(7)から構成されるボンディング用電極と接続用電極(8)との間にボンディング用電極側の電位を高くする電圧を印加すると、p形半導体領域(5)からホールが活性層(4)に流れ込み、n形半導体領域(3)から活性層(4)に電子が注入されて、キャリアの再結合によって波長440nm付近の光が活性層(4)から放出される。このとき、ショットキバリア電極層(6)はp形半導体領域(5)との界面にショットキ障壁を形成し、透明電極(7)はp形半導体領域(5)との界面に低抵抗性接触する。このため、電圧を印加して半導体発光素子を順方向にバイアスした場合、透明電極(7)とp形半導体領域(5)との界面に電流が流れるが、ショットキバリア電極層(6)とp形半導体領域(5)との界面には実質的に電流が流れない。このため、平面的に見てショットキバリア電極層(6)の外側の素子周辺側に電流が流れ、その部分でキャリアの再結合による発光が生じるので、ボンディング用電極の直下に流れる無効電流を減少させ、透明電極(7)を介してショットキバリア電極層(6)の周辺側に電流を良好に拡散することができ、外部量子効率を高めることができる。また、ショットキバリア電極層(6)により電流の集中を緩和し、半導体基体(1)の電気的劣化を防止することができる。従来の半導体発光素子の外部量子効率は0.2~0.3%であるのに対し、本発明による半導体発光素子では6%と優れた外部量子効率を得られた。

【0020】本発明の実施の形態は変更が可能である。例えば、ショットキバリア電極層(6)は、Ti、Al以外にCr、Ta、Cu等他の金属によっても形成できる。透明電極(7)は、ITO（インジウム錫酸化物）、Ni単独膜でも形成できる。ショットキバリア電極層(6)の側面に傾斜面(6c)を形成しなくても良い。ショットキバリア電極層(6)の上面に、透明電極(7)を介して更にボンディング用電極形成用の金属膜を更に設けても良

い。ショットキバリア電極層(6)の側面に形成される傾斜面(6c)は、シャドーマスクを使用しなくても形成できる。たとえば、ショットキバリア電極層(6)をp形半導体領域(5)の全面に蒸着した後に、フォトリソグラフィとウェットエッチングでサイドエッチングによるエッチバックを見込んで形成しても良い。n形半導体領域(3)とp形半導体領域(5)の導電性を反対にしてもよい。この場合、ショットキバリア電極層(6)は、例えばPt、Pd、Auを使用でき、透明電極(7)は例えばITO(インジウム錫酸化物)、Niで形成することができる。低抵抗性基板(2)をGaAs、GaPまたはシリコンカーバイド等で形成しても良い。透明電極(7)の光透過性が十分に得られるように、100Å以下、望ましくは80Å以下に透明電極(7)を形成してもよい。Ni層(7a)又はAu層(7b)の一層で透明電極(7)を形成しても良いが、実施例のように窒化ガリウム系化合物半導体領域に対して良好に低抵抗性接触する相対的に肉薄の第一の層(例えばNi)と導電性の良好な相対的に肉厚の第

二の層(例えばAu)とから構成される膜とするのが望ましい。ショットキバリア電極層(6)の厚みは1000Å以上とし、ボンディング電極として良好に機能させるとよい。

【0021】

【発明の効果】本発明では、半導体発光素子の外部量子効率を改善して、信頼性を向上することができる。

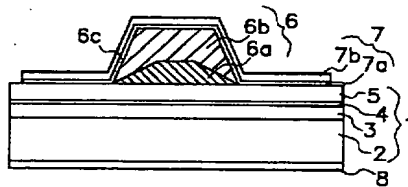
【図面の簡単な説明】

【図1】 青色発光ダイオード素子に適用した本発明による半導体発光素子の断面図

【符号の説明】

(1)・・・半導体基体、(2)・・・低抵抗性基板、(3)・・・第一の半導体領域(n形半導体領域)、(4)・・・活性層、(5)・・・第二の半導体領域(p形半導体領域)、(6)・・・ショットキバリア電極層、(6a)・・・Ti層、(6b)・・・Al層、(7)・・・透明電極、(7a)・・・Ni層、(7b)・・・Au層、(8)・・・接続用電極、

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 柳原 将貴
埼玉県新座市北野3丁目6番3号 サンケ
ン電気株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA34 CA40 CA46
CA82 CA91 CA92 CA93 CB03
CB36

THIS PAGE BLANK (USPTO)